C₁4

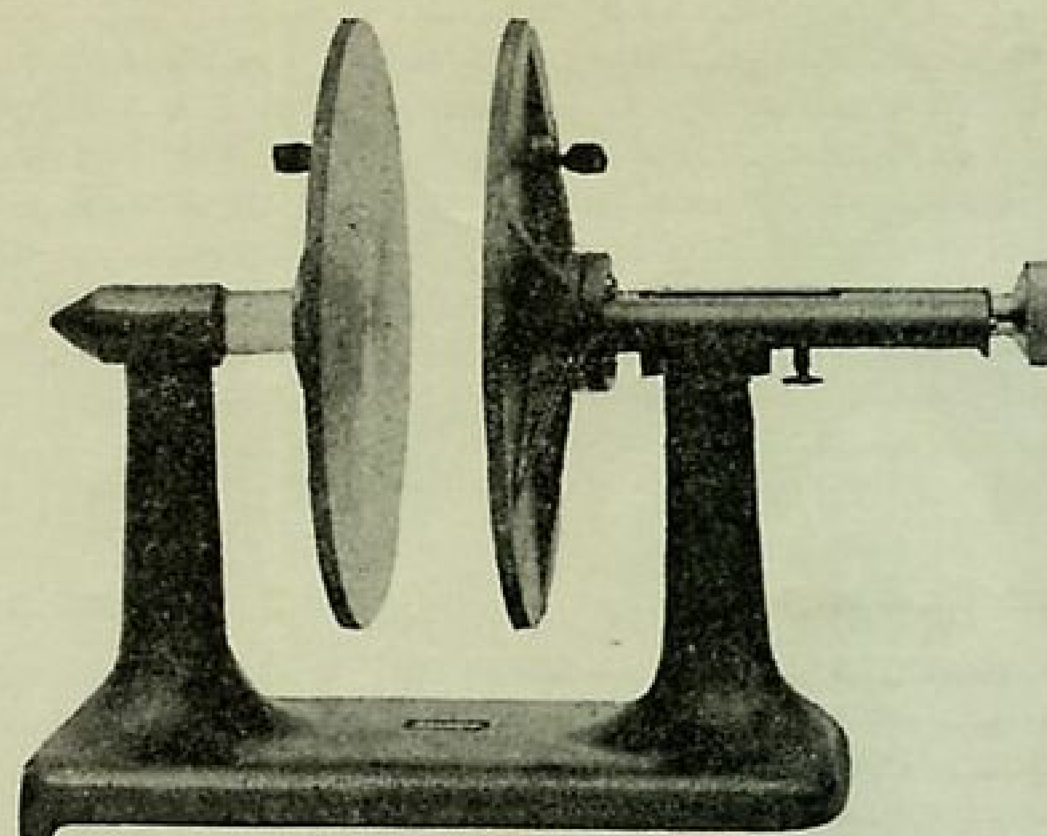
ENSP.

N.168

Plattenkondensator

Parallel plate capacitor

Condensateur à lame d'air



Der Plattenkondensator wird bei allen Versuchen im homogenen elektrischen Feld verwendet, d. h. zur Einführung der Größen, Ladung, Feldstärke, Kapazität, Ladungsdichte und der Erscheinungen der Influenz. Die Dielektrizitätskonstanten einiger Stoffe lassen sich bestimmen und die Kraftwirkung im elektrischen Feld messend verfolgen.

1. Beschreibung

Der Plattenkondensator besteht aus einem Grundgestell aus Leichtmetall, das Träger einer feststehenden und einer beweglichen Platte mit 26 cm Durchmesser und etwa 7 mm Dicke ist. Er hat zwei Aufstellebenen mit Dreipunktauflage, die es ermöglichen, die Platten in einer waagerechten oder senkrechten Lage zu benutzen.

Die Platten bestehen ebenfalls aus Leichtmetall. Ein hochwertiger Isolator trennt die feste Platte vom Gestell. Die Einstellung der beweg-

The parallel plate capacitor is used in all experiments in the homogeneous electric field, that is, for introducing such quantities as quantity of charge, field strength, capacitance, charge density, and the phenomena associated with electrostatic induction. The permittivities of some substances and the dynamic effect in the electric field can be determined.

1. Description

The parallel plate capacitor consists of a light metal frame supporting a stationary and a movable plate of 26 cm dia. and approx. 7 mm thickness each. It has two alternative three-point supports so that the plates can be used horizontally or vertically.

The plates are also made of light metal. A high-grade insulator separates the stationary plate from the frame. The movable plate can be

Le condensateur à lame d'air sert à exécuter toutes les expériences exigeant un champ électrique homogène, c'est-à-dire pour initier aux notions des grandeurs de quantité d'électricité, de champ, de capacité, de charge ainsi qu'aux phénomènes d'induction statique. On peut mesurer les permittivités de quelques substances et l'action de force dans un champ électrique.

1. Description

Le condensateur à lame d'air se compose d'un robuste support en métal léger portant deux plateaux de 26 cm de diamètre et d'environ 7 mm d'épaisseur, l'un fixe, l'autre mobile. Il peut être disposé en position verticale ou horizontale, en reposant sur des plans à trois points d'appui.

Les plateaux sont également en métal léger. Un isolateur de haute qualité sépare le plateau fixe de son support. Le réglage du plateau

Anmerkungen

1. Die in Klammern gesetzten fünfstelligen Zahlen geben die Katalog-Nummern der betreffenden Geräte an.
2. Die Angaben: DK ... beziehen sich auf die Versuchsbeschreibungen in

   LEYBOLD PHYSIKALISCHE HANDBLÄTTER.
   Bisher sind erschienen:

	Kat.-Nr.
1. Folge (72 Blatt)	599 01
2. Folge (52 Blatt)	599 02
3. Folge (49 Blatt)	599 03
4. Folge (50 Blatt)	599 04

3. Die Angaben und Abbildungen sind für die Ausführung der Geräte nicht in allen Einzelheiten verbindlich. Wir sind bestrebt, unsere Fertigung stets den neuesten wissenschaftlichen und technischen Erkenntnissen anzupassen.

Notes

1. The five-digit numbers quoted in parentheses refer to the catalogue numbers of the respective apparatus.
2. The data DC ... refer to the experiment descriptions published as a collection of leaflets in the
   „LEYBOLD PHYSICS LEAFLETS".
   Published to date:

	Cat. No.
1st series (72 sheets)	599 21
2nd series (52 sheets)	599 22
3rd series (49 sheets)	599 23
4th series (50 sheets)	599 24

3. The specifications and illustrations are not binding in every detail for the design of the apparatus. It is our policy always to keep our manufacturing programme right up to date so that it makes full allowance for the latest knowledge acquired in all scientific and technical fields.

Remarques

1. Les numéros à 5 chiffres entre parenthèses sont les numéros de catalogue des dits appareils.
2. Les letters CD ... se rapportent aux descriptions des expériences publiées dans la collection
   «LEYBOLD FICHES D'EXPERIENCES».
   Paru jusqu'à présent:

	No de Cat.
1re série (72 fiches)	599 41
2e série (52 fiches)	599 42
3e série (49 fiches)	599 43
4e série (50 fiches) (traduction en préparation)	599 44

3. Les indications et reproductions sont données sans engagement de notre part, vu que nous nous efforçons de perfectionner nos appareils en faisant profiter notre production des plus récentes connaissances scientifiques et techniques.

lichen Platte erfolgt über eine verkleidete Säulenführung, die durch eine Klemmschraube arretiert werden kann. Der maximale Abstand der Platten ist 70 mm. Die Grobeinstellung des Plattenabstandes erfolgt nach Lösen der Arretierungsschraube durch Verschieben. Die Feineinstellung, die etwa 20 mm überstreicht, wird mit einem kleinen Handrad bei festgezogener Arretierung durchgeführt. Der eingestellte Plattenabstand ist auf einer Millimeterskala mit Nonius ablesbar.

2. Handhabung

Die Messungen sind zusammen mit einem Elektrometer, z. B. Statisches Voltmeter, 1 kV (540 38) sowie mit dem Meßverstärker (532 01) in Verbindung mit einem Demonstrations-Drehspulinstrument (531 86 oder 87) durchführbar.

a) Justierung

Ist es einmal notwendig, die Ebene des Plattenpaares in der Parallelität nachzustellen, so bedient man sich des Kugelgelenkes, das zwischen der beweglichen Platte und der Führung sitzt. Dazu werden die drei Zylinderschrauben am Umfang des Kugelgelenkes gelockert, die Platten aneinander geschoben und die Schrauben leicht angezogen. Danach bewegt man mit Hilfe der Einstellung die Platten voneinander weg und wieder soweit zueinander, bis eine Berührung erfolgt. Erfolgt die Berührung nicht auf der gesamten Fläche, so muß die Schraube, die der Berührungsstelle am nächsten liegt, nachgezogen werden. Diesen Vorgang wiederhole man, bis die Parallelität zufriedenstellend ist. Die Kontrolle erfolgt durch Beobachtung des Lichtspaltes zwischen beiden Platten von mehreren Stellen.

b) Korrektur

Die nach dem Ausdruck $C_{th} = \varepsilon_0 \frac{F}{d}$ (F = Plattenfläche; d = Plattenabstand) errechneten Werte für die Kapazität des Plattenkondensators vergrößern sich um eine durch das Randfeld verursachte Kapazität C_R (von 7 bis 15 pF) sowie um einen etwa konstanten Wert C_K, der in erster Linie dem Streufeld zum Ständer zuzuschreiben ist und ca. 7 pF beträgt.

In Tabelle 1 sind die Kapazitäten und diese Korrekturen in Abhängigkeit vom Plattenabstand d aufgeführt.

adjusted by means of a covered post guide that can be arrested by a setscrew. The maximum plate spacing is 70 mm. For coarse adjustment of the plate spacing the setscrew should be loosened and the movable plate displaced by hand. The fine adjustment device controls a range of approx. 20 mm and can be operated by means of a small hand wheel when the setscrew is tight. The plate spacing can be read on a millimetre scale with vernier.

2. Operation

Additional equipment required for the measurements are an electrometer, e. g. electrostatic voltmeter for 1 kV (540 38), and the measuring amplifier (532 01) in combination with a demonstration multirange meter (531 86 or 87).

a) Adjustment

Should it become necessary to correct the parallel adjustment of the plates, this can be done by means of the ball joint connecting the movable plate with the guide. In that case the three cheese-head screws around the ball joint should be loosened, and the movable plate should be pushed against the stationary one. Then the screws should be tightened a little, and the plates should be moved some distance apart and brought to contact again by means of the fine adjustment device. Should the plates then fail to make contact over the whole of their area, the screw next to the point of contact must be drawn tighter. Repeat this procedure until the plates are sufficiently parallel. Check by viewing the air gap between the two plates from several sides.

b) Corrections

The values for the capacitance of the parallel plate capacitor found from the equation $C_{th} = \varepsilon_0 \frac{F}{d}$ (F = surface area of capacitor plate; d = plate spacing) must be increased by a capacitance C_R (from 7 up to 15 pF) due to the fringing of the field at the boundaries of the capacitor plates, and by a constant value C_K which is mainly due to the fringe effect towards the support, and amounts to approx. 7 pF.

Table 1 shows the capacitances and these corrections as a function of the plate spacing d.

mobile se fait à l'aide d'un guidage revêtu du montant pouvant être bloqué par une vis de serrage. L'écart maximum entre les plateaux s'élève à 70 mm. Le réglage grossier de la distance inter-plateaux se fait, après avoir desserré la vis d'arrêt, par coulissement. Le réglage de précision se fait, vis d'arrêt bloquée, par une petite manette et couvre une distance de 20 mm. On peut lire la distance ainsi réglée sur une échelle millimétrique avec vernier.

2. Manipulation

Des mesures peuvent être exécutées en combinaison avec un voltmètre, par exemple le voltmètre statique pour 1 kV (540 38), ainsi qu'avec l'amplificateur de mesure (532 01) associé à un appareil de démonstration à cadre mobile (531 86 ou 87).

a) Ajustement

S'il est un jour nécessaire de corriger le parallélisme des plans des deux plateaux, il faut agir sur l'articulation à rotule se trouvant entre le plateau mobile et sa poupée. Pour ce faire, il faut desserrer les trois vis cylindriques entourant l'articulation, pousser les deux plateaux l'un contre l'autre et resserrer légèrement les vis. Puis, à l'aide du réglage, on sépare les deux plateaux, pour les rapprocher ensuite de nouveau, jusqu'à ce qu'ils se touchent. S'ils ne se touchent pas sur toute leur surface, il faut resserrer la vis se trouvant la plus près du point de contact. On répète la manœvre jusqu'à ce qu'on obtienne un parallélisme satisfaisant. On contrôle ce dernier en observant la fente de lumière existant en divers points entre les deux plateaux.

b) Corrections

Les valeurs calculées suivant la relation $C_{th} = \varepsilon_0 \frac{F}{d}$ (F = surface du plateau; d = distance entre les plateaux) pour la capacité du condensateur à lame d'air augmentent d'une capacité C_R (de 7 à 15 pF) due au champ régnant aux limites et d'une valeur à peu près constante C_K devant être attribuée en premier lieu au champ parasite vers le support et qui s'élève à environ 7 pF.

Le tableau 1 donne les capacités et les corrections en fonction de la distance d entre les plateaux.

Tabelle 1 **Table 1** **Tableau 1**

d (mm)	C_{th} (pF)	$C_R + C_K$ (pF)
1	463	21.5
2	231.5	20
3	154.3	19
4	115.7	18.5
5	92.6	18
6	77	18
8	57.8	17
10	46.3	16.5
20	23.1	15
40	11.5	14

c) Einfaches Meßbeispiel

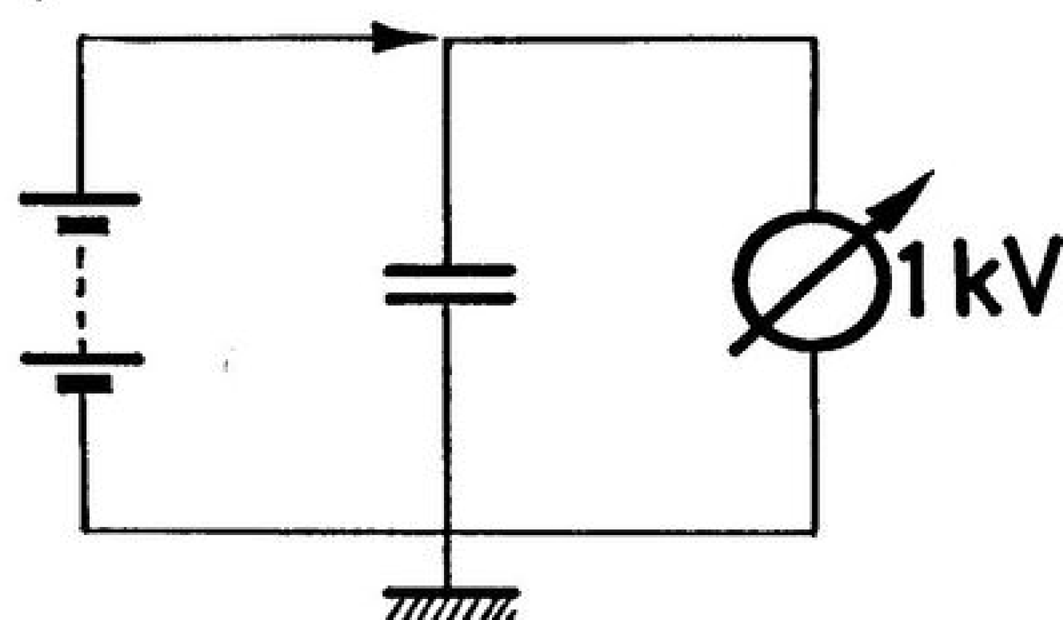
Die Spannung eines geladenen, isolierten Kondensators ändert sich mit dem Plattenabstand. Ohne Berücksichtigung der Randstörung sowie des Streufeldes zur Umgebung sollte gelten, daß $U \sim d$ bzw. $\frac{U}{d}$ konstant ist.

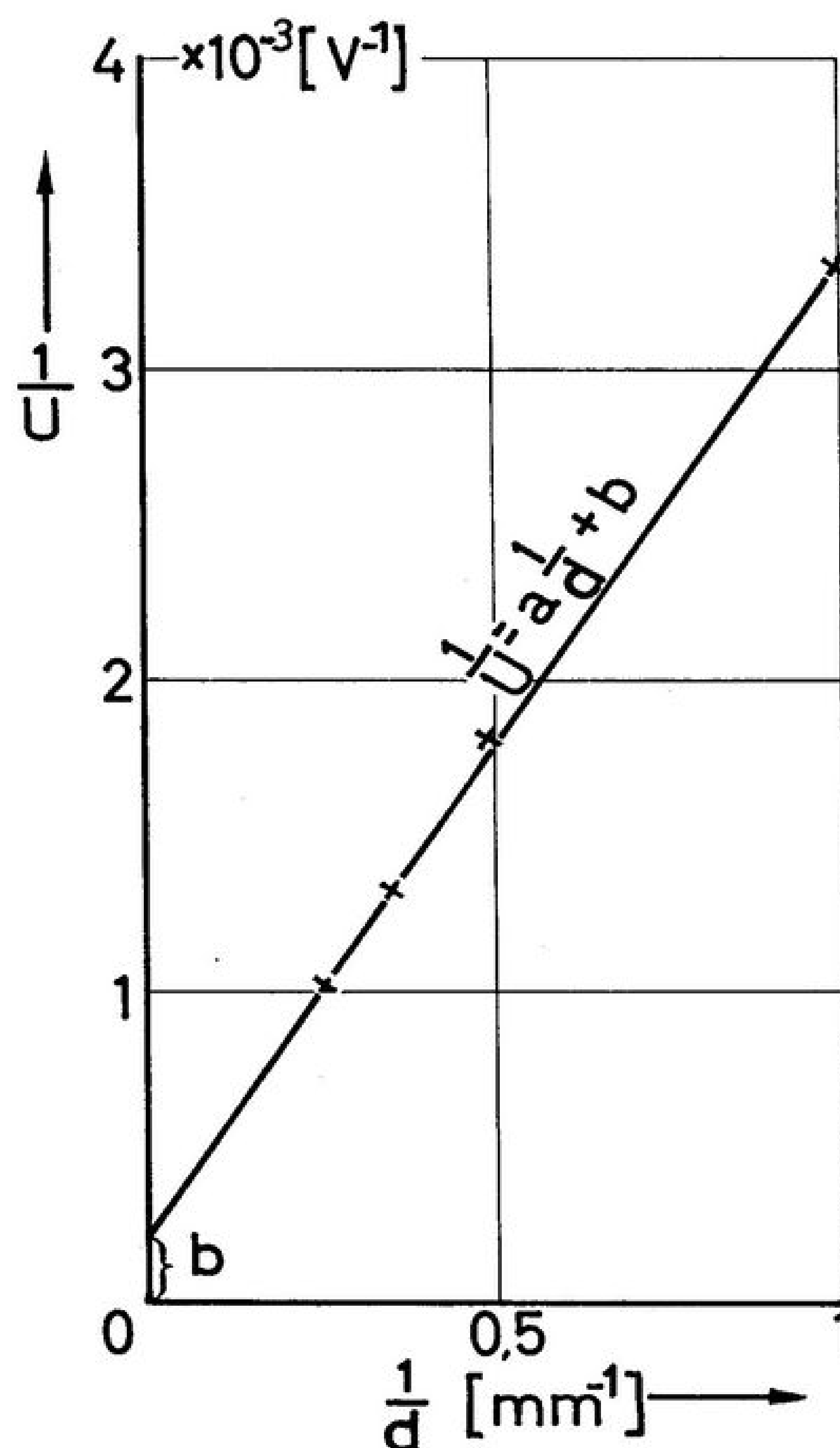
c) Simple worked example

The p. d. across a charged, insulated capacitor varies with the plate spacing. If the fringe effect at the boundaries and towards near objects is considered, it can be shown that $U \sim d$ or $\frac{U}{d}$ = constant.

c) Exemple simple de mesure

La tension d'un condensateur isolé et chargé varie avec la distance entre les plateaux. En négligeant la perturbation des bords ainsi que le champ parasite vers le milieu environnant, on devrait avoir $U \sim d$ et $\frac{U}{d}$ comme valeur constante.





Zur Spannungsmessung benutzt man elektrostatische Instrumente, von denen das Statische Voltmeter, 1 kV (540 38) wegen seiner guten Isolation besonders geeignet ist. Zu den schon aufgeführten Kapazitätswerten kommen noch weitere Korrekturglieder: die .Kapazität des Voltmeters (C_V), dessen mittlere Kapazität 24 pF beträgt, sowie die Kapazität der Zuleitung zum Meßinstrument (C_S), wobei eine Experimentierschnur (50 cm Länge) etwa 4 pF Kapazität hat.

Die Gesamtkapazität C des Kreises setzt sich also zusammen aus:

$$C_{th} + C_R + C_K + C_V + C_S$$

C_K und C_S sind konstant, C_V nur wenig variabel und auch C_R kann im kleinen Bereich (Spannungsverhältnis 1 : 4) als annähernd konstant angenommen werden.

Eine Meßreihe ergibt, wie im Diagramm 3 aufgetragen, zwischen $\frac{1}{U}$ und $\frac{1}{d}$ einen linearen Zusammenhang. Der Anstieg a der Geraden ist abhängig von der Geometrie des Aufbaus.

Durch Verschiebung des Koordinatensystems um b erhält man die korrigierten Werte:

$$\frac{1}{U} - b = \frac{1}{U'}$$

Tabelle 2

The p.d. should be measured by means of electrostatic instruments, the electrostatic voltmeter for 1 kV (540 38) being particulary suitable for the purpose on account of its very good insulation. In addition to the capacitances already listed, this arrangement involves further additional capacitances: the capacitance of the voltmeter (C_V), which is 24 pF on an average, and the capacitance of the lead towards the voltmeter (C_S), a connecting lead of 50 cm length generally having a total capacitance of approx. 4 pF.

Thus the total capacitance C of the circuit is composed of

$$C_{th} + C_R + C_K + C_V + C_S$$

where C_K and C_S are constant, C_V is only slightly variable, and even C_R can be considered nearly constant over small regions (voltage ration 1 : 4).

The measurements plotted in diagram 3 show that there is a linear relation between $\frac{1}{U}$ and $\frac{1}{d}$.

The slope a of the straight line depends on the geometry of the arrangement.

The correct values are obtained by displacing the coordinate system by a distance b:

$$\frac{1}{U} - b = \frac{1}{U'} \ .$$

Table 2

Pour mesurer la tension, on se sert d'instruments électrostatiques, parmi lesquels le voltmètre statique pour 1 kV (540 38), qui convient tout particulièrement par suite de son excellent isolement. Aux valeurs de capacités déjà énoncées viennent encore s'ajouter d'autres facteurs de correction: la capacité du voltmètre (C_V), dont la capacité moyenne s'élève à 24 pF, ainsi que la capacité du conducteur d'amenée à l'instrument de mesure (C_S); en la circonstance, disons qu'un fil d'expériences de 50 cm de long a une capacité d'environ 4 pF.

La capacité globale C du circuit, se compose par conséquent de:

$$C_{th} + C_R + C_K + C_V + C_S$$

C_K et C_S sont constants, C_V n'est que peu variable, et même C_R peut être regardé, dans une petite zone (rapport de tension 1 : 4) comme presque constant.

Une série de mesures fournissent, comme le révèle le diagramme 3,

entre $\frac{1}{U} = \frac{1}{d}$

une relation linéaire. La pente a de la droite dépend de la géométrie de l'assemblage.

En décalant le système de coordonnées d'une valeur b, on obtient les valeurs corrigées:

$$\frac{1}{U} - b = \frac{1}{U'} \ .$$

Tableau 2

d (mm)	U (V)	$\frac{U}{d}$ ($\frac{V}{mm}$)	$\frac{1}{d}$ (mm^{-1})	$\frac{1}{U}$ (V^{-1})	$\frac{1}{U'}$ (V^{-1})	U' (V)	$\frac{U'}{d}$ ($\frac{V}{mm}$)
1	300	300	1	3.33×10^{-3}	3.005×10^{-3}	333	333
2	550	275	0.5	1.82×10^{-3}	1.495×10^{-3}	669	334
3	760	253	0.35	1.32×10^{-3}	9.95×10^{-4}	1004	333
4	915	229	0.25	1.09×10^{-3}	7.65×10^{-4}	1309	327

Mit Hilfe der korrigierten Spannungswerte U' wird der behauptete Zusammenhang bestätigt.

Zu Verbesserung der Meßgenauigkeit wurde die Anordnung zu Beginn mit einer an einem stromdurchflossenen Voltmeter überprüften Gleichspannungsquelle von 300 Volt aufgeladen, weil hier die Meßgenauigkeit des Hochspannungs-Voltmeters unzureichend ist.

3. Hinweise

Die hochwertige Isolation der festen Platte erlaubt, ohne bedeutenden Isolationsverlust in aller Ruhe zu experimentieren. Man achte jedoch darauf, daß der Isolator sauberge-

When using the corrected p. d.'s U', the relation asserted at the beginning can be verified.

In order to improve the accuracy of measurement, the arrangement was initially charged by a source of D.C. which a previous check with a current-carrying voltmeter had shown to yield 300 V, the accuracy of reading of the high-tension voltmeter being insufficient in this range.

3. Notice

The high-grade insulation of the stationary plate makes it possible to experiment at leisure without risking substantial leakage losses. However, it is essential to keep the insulator

Le rapport indiqué se trouve confirmé à l'aide des valeurs corrigées de tension U'.

Pour améliorer la précision de la mesure, le montage fut chargé au début avec une source de tension continue de 300 V contrôlée par un voltmètre, étant donné qu'ici l'exactitude de mesure du voltmètre statique est insuffisante.

3. Remarques

L'isolement de haute qualité du plateau fixe permet d'expérimenter en toute tranquillité sans avoir à redouter des pertes importantes. Il faut pourtant veiller à ce que l'isola-

halten wird. Zum Reinigen eignet sich am besten Green's Linsenreiniger (305 00).

Bei Versuchen in feuchter Luft wird das Anblasen mit Warmluft empfohlen.

Bei sehr kleinem Plattenabstand (wenige Zehntelmillimeter) und großen Spannungen kann sich die Isolation dadurch verringern, daß sich Staubteilchen und Fasern zwischen die Platten setzen und diese überbrücken. Dieser Fehler läßt sich einigermaßen beheben, wenn man beide Platten mit einer hauchdünnen Fettschicht überzieht bzw. Staubteilchen mit einem Bunsenbrenner abbrennt. Derartige kleine Plattenabstände wird man jedoch nur dann verwenden, wenn zur Ladungsmessung nur das Spiegelgalvanometer zur Verfügung steht.

4. Versuche

Kapazität eines Plattenkondensators mit veränderlichem Plattenabstand.
DK *537.224*; a: *537.721.8*; 4. Folge, Blatt 18

Kapazitätsmessungen am Plattenkondensator
Buch: „Der Meßverstärker und seine Anwendungen"

Versuche mit einem Plattenkondensator
Buch: Wulf, „Das Wulf-Elektroskop" (546 46)

Einfluß des Isoliermaterials
Buch: Wulf, „Das Wulf-Elektroskop" (546 46)

Kraft gleich Ladung mal Feldstärke
DK 537.211; a: 4. Folge, Blatt 14

clean, and Green's lens tissue (305 00) is particularly suitable for cleaning it.

When experimenting in humid air it is recommended to blow a hot air current against the capacitor.

At very small plate spacings (some tenths of a millimetre) and high p. d.'s the insulation may deteriorate on account of the plates being bridged by particles of dust and fibres that have settled between them. This fault can be overcome if both plates are covered with a very thin film of grease, or if the dust particles are burnt off with a Bunsen burner. But such small plate spacings will anyway only be used if a mirror galvanometer is the only available charge-measuring instrument.

4. Experiments

The capacitance of a parallel plate capacitor with variable plate spacing.
DC *537.224*; a: *537.721.8*, 4th series, leaflet 18

Capacitance determinations on the parallel plate capacitor
Booklet: "The measuring amplifier and its application"

Experiments with a parallel plate capacitor
Booklet: Wulf, "Das Wulf-Elektroskop"

Influence of the insulator material
Booklet: Wulf, "Das Wulf-Elektroskop"

Force equals charge times electric field
DC 537.211; a, 4th series, leaflet 14

teur soit parfaitement propre. Pour le nettoyer, le mieux est d'employer l'essuie-verres de Green (305 00).

Si l'on opère en atmosphère humide, on fera bien de sécher l'isolateur à l'air chaud.

Si enfin on opère avec une très faible distance entre les plateaux (quelques dixièmes de millimètres) et sous des tensions élevées, il peut arriver que l'isolement soit détérioré par la présence de grains de poussières et des fibres enfermés entre les plateaux, qui se trouvent ainsi courtcircuités. On peut remédier à cet inconvénient dans une certaine mesure en recouvrant les plateaux d'une fine pellicule de graisse ou brûle les grains de poussière à la flamme (par exemple d'un bec Bunsen). Dans la pratique, on n'emploiera d'aussi faibles écarts que si l'on ne dispose pour mesurer les charges que d'un galvanomètre à miroir.

4. Expériences

Etude de la capacité d'un condensateur.
CD *537.224*; a: *537.721.8*, 4e série, fiche 18.

Mesures de capacité sur un condensateur à lame d'air, décrites dans «L'amplificateur de mesure et ses applications», ouvrage édité par Leybold.

Expériences avec un condensateur à lame d'air; voir l'ouvrage de Wulf: «L'électroscope de Wulf», en allemand (546 46)

Influence du matériau isolant (mesure de C); voir l'ouvrage de Wulf: «L'électroscope de Wulf», en allemand (546 46)

Force = charge électrique x intensité de champ électrique
CD 537.211; a, 4e série, fiche 14